





## Friction element

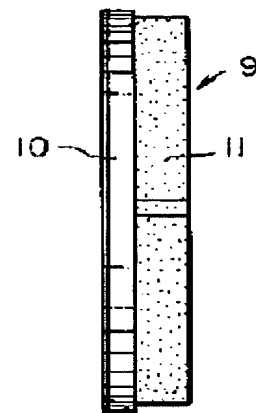
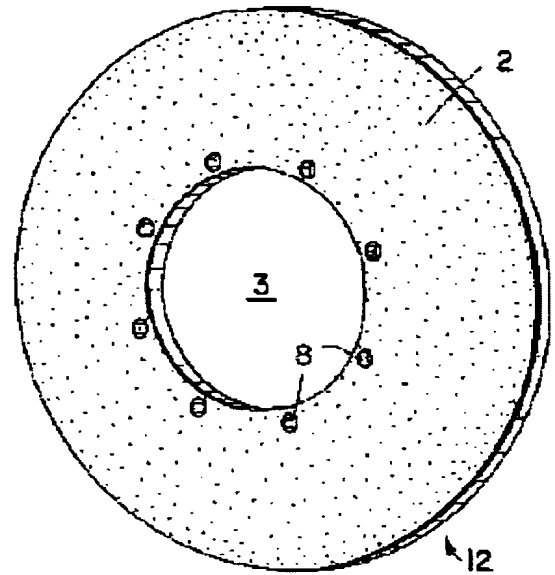
**Patent number:** DE4438456  
**Publication date:** 1996-05-02  
**Inventor:** KRENKEL WALTER DIPL ING (DE);  
KOCHENDOERFER RICHARD PROF DIP (DE)  
**Applicant:** DEUTSCHE FORSCH LUFT RAUMFAHRT (DE)  
**Classification:**  
- **international:** F16D69/02; C09K3/14; C08J5/14; C08K3/38; C08K3/32;  
B32B18/00; B32B7/02; C04B35/565  
- **european:** C04B35/573, C04B35/80D, F16D65/12F2, F16D65/12H,  
F16D69/02C, C04B37/00B, C04B37/00D2, F16D65/12G  
**Application number:** DE19944438456 19941028  
**Priority number(s):** DE19944438456 19941028

**Also published as:**

 WO9613471 (A1)  
 EP0797555 (A1)  
 US6042935 (A1)  
 EP0797555 (B1)

**Abstract of DE4438456**

The invention concerns a friction element designed for frictional contact with a body and for use, in particular, in brakes or clutches. The friction element has at least one freely accessible surface formed by a carbon-fibre-reinforced porous carbon block, at least some pores of which are filled with silicon and silicon carbide. In order to provide a friction element of this kind, as well as a method of manufacturing the friction element, which gives the advantages associated with C/C-SiC materials and which can be manufactured inexpensively, thus making it suitable, from the cost point of view, for general use particularly in the automobile-construction industry, the friction element is made up of at least one core element and at least one friction block securely bonded to it, the friction block being bonded to the core element on the side remote from its friction surface and the two elements being joined to each other by a high-temperature-resistant bonding layer.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide





①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 44 38 456 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>9</sup>:  
**F 16 D 69/02**  
C 09 K 3/14  
C 08 J 5/14  
C 08 K 3/38  
C 08 K 3/32  
B 32 B 18/00  
B 32 B 7/02  
C 04 B 35/565

②1 Aktenzeichen: P 44 38 456.4  
②2 Anmeldetag: 28. 10. 94  
④3 Offenlegungstag: 2. 5. 96

DE 44 38 456 A 1

⑦1 Anmelder:  
Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt  
e.V., 53111 Bonn, DE  
  
⑦4 Vertreter:  
Grimm, E., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 63450 Hanau

⑦2 Erfinder:  
Krenkel, Walter, Dipl.-Ing., 71634 Ludwigsburg, DE;  
Kochendörfer, Richard, Prof. Dipl.-Ing., 70619  
Stuttgart, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Reibeinheit

⑤7 Es ist eine Reibeinheit zum reibenden Eingriff mit einem Gegenkörper, insbesondere Brems- oder Kupplungskörper, mit mindestens einer frei zugänglichen Reibfläche, die aus einem kohlenstoffaserverstärkten, porösen Kohlenstoffkörper gebildet ist, dessen Poren zumindest teilweise mit Siliziumkarbid gefüllt sind, bekannt. Um eine Reibeinheit sowie ein Verfahren zur Herstellung einer solchen Reibeinheit anzugeben, in Verbindung mit denen zum einen die Vorteile erzielt werden, die mit den C/C-SiC-Werkstoffen verbunden sind, mit denen zum anderen eine kostengünstige Herstellung möglich ist, so daß diese Reibeinheit insbesondere für den allgemeinen Fahrzeugbau unter dem Kostenspekt einsetzbar sind, ist sie aus mindestens einem Kernkörper und mindestens einem mit diesem fest verbundenen Reibkörper gebildet, wobei der Reibkörper mit dem Kernkörper auf seiner der Reibfläche abgekehrten Seite verbunden ist und wobei beide Körper über eine hochtemperaturbeständige Verbindungsschicht miteinander verbunden sind. Verfahrensgemäß wird ein kohlenstoffaserverstärkter, poröser Kohlenstoffkörper bereitgestellt und mit flüssigem Silizium bei einer Temperatur im Bereich von 1410°C bis 1700°C in einer eingestellten Atmosphäre infiltriert, wobei mindestens ein weiterer Körper bereitgestellt wird, der mit dem silizium-infiltrierten Körper über eine im wesentlichen hochtemperaturbeständige Verbindungsschicht verbunden wird, wobei der Kohlenstoffkörper einen Reibkörper und der andere Körper einen ...

DE 44 38 456 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 03. 96 602 018/282

15/33

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Reibeinheit zum reibenden Eingriff mit einem Gegenkörper, insbesondere Brems- oder Kupplungskörper, mit mindestens einer frei zugänglichen Reibfläche, die aus einem kohlenstoffaserverstärkten, porösen Kohlenstoffkörper gebildet ist, dessen Poren zumindest teilweise mit Silizium und Siliziumkarbid gefüllt sind.

Weiterhin bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren zur Herstellung einer Reibeinheit zum reibenden Eingriff mit einem Gegenkörper, insbesondere von Brems- oder Kupplungskörpern, bei dem ein kohlenstoffaserverstärkter, poröser Kohlenstoffkörper bereitgestellt und mit flüssigem Silizium bei einer Temperatur im Bereich von 1410°C bis 1700°C in einer eingestellten Atmosphäre infiltriert wird.

Solche Reibeinheiten bzw. ein Verfahren zu deren Herstellung wurden von einer Arbeitsgruppe der DLR (Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt e.V.), Stuttgart, Institut für Bauweisen- und Konstruktionsforschung, auf dem VDI-Werkstofftag 1994 in Duisburg am 09./10.03.1994, der unter der Thematik "Leichtbaustrukturen und leichte Bauteile" stand, im Rahmen des Vortrags "Entwicklung integraler Leichtbaustrukturen aus Faserkeramik" vorgestellt. Im Rahmen dieses Vortrags wurde eine Technologie zur Herstellung von kohlenstoffaserverstärkten Kohlenstoffen vorgestellt. Die kohlenstoffaserverstärkten Kohlenstoffe werden nach einem sogenannten "Flüssig-Silizium-Verfahren" mit flüssigem Silizium infiltriert und einer Wärmebehandlung unterworfen, wobei das Silizium sich mit Kohlenstoff zu SiC umwandelt. Ein mögliches Anwendungsgebiet dieser C/C-SiC-Werkstoffe sind unter anderem Bremsseiben.

An Bremsen, insbesondere im Kraftfahrzeug- und Flugzeugbau, werden zunehmend höhere Anforderungen gestellt. Die Geschwindigkeiten, die heutzutage mit solchen Fahrzeugen erzielt werden, nehmen ständig zu. Beim Abbremsen wird diese kinetische Energie durch Reibung in Wärme umgewandelt, die durch die Bremscheibe und die Bremsbeläge absorbiert wird. Eine solche Bremsenanordnung ist demzufolge durch die Reibungscharakteristiken des Bremsmaterials und seine Eigenschaft, Wärme zu speichern und abzuführen, begrenzt. Allgemein müssen Bremsmaterialien sehr gute thermomechanische Eigenschaften, hohe und konstante Reibungscharakteristiken und eine gute Abrasionsbeständigkeit besitzen. Übliche Bremsseiben aus Gußeisen oder Stahl, die heutzutage im normalen Automobilbau eingesetzt werden, ermöglichen Temperaturen von ungefähr 650°C. In den letzten Jahren entwickelte Bremsen aus kohlenstoffaserverstärkten Kohlenstoffmaterialien (C/C), wie sie beispielsweise in der DE 30 24 200 A1 beschrieben sind, ermöglichen Temperaturen bis zu 1000°C, verbunden mit einer gegenüber Gußbremsseiben erzielbaren Gewichtsverringerung.

Solche Kohlenstoffbremsseiben haben sich inzwischen im Rennwagenbau und Flugzeugbau durchgesetzt und etabliert. Problematisch hierbei ist neben einigen tribologischen Eigenschaften der hohe Kostenfaktor, unter dem die Bremsseiben herzustellen sind, der auf dem Gebiet des Rennwagenbaus und des Flugzeugbaus derzeit akzeptiert wird, allerdings nicht für den allgemeinen Fahrzeugbau tragbar ist.

Auf der vorstehend angeführten VDI-Tagung wurde, wie angeführt, ein C/C-SiC-Werkstoff vorgestellt, der gegenüber einem C/C-Werkstoff deutliche Vorteile vor

allem in Bezug auf Thermoschockbeständigkeit, Oxidationsbeständigkeit, Feuchteaufnahme und Reibverhalten zeigt.

Ausgehend von dem vorstehend beschriebenen Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Reibeinheit sowie ein Verfahren zur Herstellung einer solchen Reibeinheit anzugeben, in Verbindung mit der zum einen die Vorteile erzielt werden, die mit den C/C-SiC-Werkstoffen verbunden sind, mit denen zum anderen eine kostengünstige Herstellung möglich ist, so daß diese Reibeinheiten insbesondere für den allgemeinen Fahrzeugbau unter dem Kostenaspekt einsetzbar sind.

Die Aufgabe wird hinsichtlich einer Reibeinheit der eingangs beschriebenen Art dadurch gelöst, daß sie aus mindestens einem Kernkörper und mindestens einem mit diesem fest verbundenen Reibkörper gebildet ist, wobei der Reibkörper mit dem Kernkörper auf seiner der Reibfläche abgekehrten Seite verbunden ist und wobei beide Körper über eine hochtemperaturbeständige Verbindungsschicht miteinander möglichst formschlüssig verbunden sind.

Hinsichtlich des Verfahrens der eingangs beschriebenen Art wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß mindestens ein weiterer Körper bereitgestellt wird, der mit dem silizium-infiltrierten Körper über eine hochtemperaturbeständige Verbindungsschicht verbunden wird, wobei der Kohlenstoffkörper einen Reibkörper und der andere Körper einen Kernkörper bildet.

Der Grundgedanke der Erfindung liegt darin, eine solche Reibeinheit mehrteilig aufzubauen, so daß die einzelnen Bereiche einer Reibeinheit den jeweiligen Anforderungen im Einsatz angepaßt werden können. Hierbei ist eine solche Reibeinheit in mindestens einen Kernkörper und mindestens einen Reibkörper unterteilt, wobei letzterer aus kohlenstoffaserverstärkten, porösen Kohlenstoffkörpern, deren Poren zumindest teilweise mit Silizium und Siliziumkarbid gefüllt sind, gebildet ist, und diese beiden Körper zu einer Einheit miteinander verbunden werden. Der Reibkörper kann in seiner Beschaffenheit, d. h. seinem Reibungskoeffizienten sowie seiner Abrasionsbeständigkeit, den erwünschten Anforderungen angepaßt werden. Der Kernkörper dagegen wird so aufgebaut, daß er zum einen als Träger für den Reibkörper geeignet, d. h. eine hohe mechanische Stabilität aufweist, weiterhin Aufnahme-, Adapter- und Verbindungsteile aufnimmt, um ihn an einer feststehenden oder drehenden Einheit zu halten, und schließlich so in seinen Materialeigenschaften angepaßt wird, daß er die entstehende Wärme gut speichert und schnell abführt. Weiterhin ist durch diesen mehrteiligen Verbundaufbau die Möglichkeit gegeben, von Zeit zu Zeit den abgenutzten Bereich des Reibkörpers dadurch zu ersetzen, daß der verbleibende Kernkörper mit einem neuen Reibkörper verbunden wird. Durch diese Wiederverwendung des Kernkörpers können die Kosten solcher Reibeinheiten durch einfachen Ersatz des abgenutzten, abgeriebenen Teils erheblich verringert werden. Darüberhinaus können die Kosten im Rahmen einer Massenherstellung durch die Untergliederung einer Reibeinheit in die einzelnen Körper, d. h. Kernkörper und Reibkörper, mit den angepaßten Materialeigenschaften insbesondere dann verringert werden, wenn solche Reibeinheiten strukturiert werden müssen. Es sind hierzu keine komplizierten Nachbearbeitungsvorgänge erforderlich, da die Teile der Reibeinheit, d. h. der Kernkörper und der Reibkörper, einzeln vorgefertigt und profiliert und erst anschließend an einer gemeinsamen, glat-

ten oder eventuell verzahnten Verbindungsfläche miteinander verbunden werden. Die Technik der Herstellung von C/C-SiC-Körper, die nachfolgend noch näher erläutert wird, erlaubt, solche Teile in einem "grünen" Zustand vorzuformen und zu profilieren, anschließend mit flüssigem Silizium zu infiltrieren und im Rahmen einer Wärmebehandlung zu keramisieren. In grünem Zustand lassen sich diese Formkörper sehr einfach profilieren. Beispielsweise kann der Kernkörper mit entsprechenden Befestigungsprofilierungen ausgestattet und außerdem können Halteelemente in diesen Kernkörper mit eingebaut werden. Im Gegensatz dazu wird der Reibbelag in seiner einfachsten Version als beidseitig glatte, kreisringförmige Scheibe ausgebildet. Eventuelle Belüftungsöffnungen innerhalb einer solchen Reibeinheit können entweder in die Fläche des Kernkörpers, die später mit dem Reibkörper verbunden wird, oder aber in der Verbindungsfläche des Reibkörpers eingearbeitet werden. Durch die Erfindung wird also in einfacher Weise eine Funktionstrennung von teurem Reibvolumen und billigem Kernvolumen erreicht, darüber hinaus eine Optimierung hinsichtlich der dem Reibvolumen und dem Kernvolumen zugeordneten mechanischen und thermischen Eigenschaften ermöglicht. Es hat sich gezeigt, daß zur Verbindung der beiden Körper, d. h. des Kernkörpers mit dem Reibkörper, keine artfremden Materialien eingesetzt werden müssen. Vielmehr wird eine Verbindungsschicht eingesetzt, die im wesentlichen Siliziumkarbid enthält. Zum Verbinden der beiden Körper sind hierzu verschiedene Möglichkeiten gegeben. Zum einen können bei einer Herstellung einer neuen Reibeinheit aus einem Kernkörper und mindestens einem Reibkörper diese beiden Körper vorteilhafterweise als kohlenstoffaserverstärkte, poröse Kohlenstoffkörper vorbereitet werden und anschließend mit Silizium infiltriert werden, wobei diese beiden Körper im Bereich der Verbindungsschicht nach Temperaturbehandlung miteinander verbunden werden. Eine andere Möglichkeit ist dadurch gegeben, daß die beiden Körper, d. h. der Kernkörper und der Reibkörper, als bereits mit Silizium und Siliziumkarbid gefüllte, keramisierte Ausgangskörper bereitgestellt werden, diese beiden Ausgangskörper im Bereich ihrer Verbindungsfläche aufeinandergelegt werden und der Spalt mit Silizium gefüllt wird. Hierzu ist eine Technik bevorzugt, in der dieser Spalt mit Silizium infiltriert und anschließend die gesamte Einheit einer Wärmebehandlung unterworfen wird, wobei Temperaturen im Bereich von 1410°C bis 1700°C angewandt werden. Eine solche Technik der Verbindung bereits endbearbeiteter Körper ist dann anzuwenden, wenn eine abgenutzte Reibeinheit, bei der also der Kernkörper, eventuell mit einer nur noch dünnen, vorhandenen Schicht des Reibkörpers, verbleibt, mittels eines neuen Reibkörpers erneuert wird. Um das Infiltrieren des flüssigen Siliziums im Bereich der Verbindungsschicht zu fördern, kann vor der Infiltration zwischen dem Reibkörper und dem Kernkörper eine Einlage aus einem porösen, pyrolysierbaren Material auf Zellulosebasis zwischengefügt werden. Vorzugsweise besteht diese Einlage aus Papier, Pappe und/oder Papierfilz mit einer hohen Porosität, wobei die Dicke vorzugsweise in dem Bereich von 0,1 bis 1 mm liegt. Eine solche Zwischenschicht wird dann mit flüssigem Silizium infiltriert und anschließend die vorbereitete Einheit der Wärmebehandlung unterworfen. Um den Infiltrationsvorgang zu beschleunigen und die Infiltration darüber hinaus in der Zwischenschicht zu vergleichmäßigen, kann im Bereich der zu bildenden

Schicht ein Druckgradient während der Infiltration erzeugt bzw. aufrechterhalten werden, beispielsweise durch Anlegen eines Vakuums.

Als Einlage kann auch ein Kohlenstoff-Vlies oder eine Kohlenstoffmatte verwendet werden. Vorzugsweise werden mit solchen Einlagen im Bereich der Verbindungsstelle Unterschiede in den Spalten ausgeglichen. Hierfür ist insbesondere das Material auf Zellulosebasis geeignet. Eine Einlage aus einer Kohlenstoffmatte bzw. aus einem kohlenstoffhaltigen Fasermaterial ist dann zu wählen, wenn im Spalt die Fließrichtung und die Fließgeschwindigkeit beeinflußt werden soll. Es ist allerdings an dieser Stelle hervorzuheben, daß die beiden erwähnten Materialien als Einlage zum größten Teil nach der Infiltration mit flüssigem Silizium und der Wärmebehandlung zu SiC reagieren und damit eine unlösbare Verbindung entsteht. Eine solche Verfahrensweise zum Verbinden der beiden Körper ist dann heranzuziehen, wenn eine Reibeinheit zu einem beliebigen Zeitpunkt mit einem neuen Reibkörper versehen werden soll, ohne daß der alte Reibkörper in irgendeiner Weise vollständig entfernt wird.

Normalerweise wird keine Einlage zwischengefügt, sondern nur ein definierter Spalt zwischen dem Reibkörper und dem Kernkörper mit einer Dicke von 0,1 bis 0,5 mm belassen. In diesem Spalt wird flüssiges Silizium eingefüllt und keramisiert. Die Verbindungsschicht weist dann im keramisierten Zustand im wesentlichen Silizium auf, das durch Wiedererwärmen auf Schmelztemperatur (für Si bei 1420°C) verflüssigt werden kann, so daß Reibkörper und Kernkörper voneinander wieder trennbar sind. Das Silizium wirkt in diesem Fall als Hartlot.

Aus der vorstehenden Beschreibung ist ersichtlich, daß mit der angegebenen Verfahrensweise auch mehrfach aufgebaute bzw. mehrschichtige Reibeinheiten hergestellt werden können, wobei beispielsweise ein Kernkörper an zwei zueinander gegenüberliegenden Flächen mit jeweils einem Reibkörper jeweils über eine überwiegend Siliziumkarbid enthaltende Verbindungsschicht verbunden wird. Weiterhin können wechselweise Kernkörper und Reibkörper miteinander verbunden werden, um eine mehrschichtige Reibeinheit zu bilden, wobei jeweils die einzelnen Reibkörper über den Umfang der entsprechenden Kernkörper vorstehen, so daß in die Reibflächen der Reibkörper von außen eingegriffen werden kann. Im Rahmen dieses modulartigen Aufbaus ist es lediglich erforderlich, Reibkörper und Kernkörper zu bevorraten, um diese dann in gewünschter Folge miteinander zu verbinden. Bei den Reibkörpern kann es sich auch um solche handeln, die später auf einen Kernkörper aufgebracht werden, wenn der ursprüngliche Reibkörper abgenutzt ist.

Bevorzugt sollte der Kernkörper eine Porosität von 5 bis 50%, insbesondere im Bereich von 10 bis 30% aufweisen. Diese Poren werden dann mit Silizium infiltriert, das unter Wärmebehandlung zu Siliziumkarbid umgewandelt wird. Die Restporosität sollte weniger als 10% betragen, um diesen Kernkörper mechanisch stabil, allerdings gleichzeitig so elastisch zu gestalten, daß er den Anforderungen als Träger eines Reibkörpers im Einsatz als Kupplungs- oder Bremseneinheit genügt.

Um die Wärmeleitfähigkeit des Reibkörpers und/oder des Kernkörpers zu erhöhen, muß darauf geachtet werden, daß Kohlenstofffasern in Dickenrichtung in einem Anteil von 3 bis 10% bezogen auf den Gesamtfasergehalt vorhanden sind; dies kann durch Verwendung von dreidimensionalen Fasergerüsten oder durch Ver-

nähen von zweidimensionalen Geweben mittels Kohlenstoff-Nähgarn erzielt werden.

Um den Reibkörper seinen Anforderungen im Einsatz anzupassen, werden in den kohlenstoffaserverstärkten, porösen Kohlenstoffkörper reibwertmindernde oder reibwerterhöhende Zusätze eingelagert. Hierbei wird als reibwertmindernder Zusatz zum Beispiel Bornitrid und/oder Aluminiumphosphat verwendet, während als reibwerterhöhender Zusatz zum Beispiel ein Siliziumkarbid-Pulver mit einer Körnung von 0,3 bis 3,0  $\mu\text{m}$  in die Poren eingelagert wird. Durch reibwerterhöhende Zusätze wird der Reibungskoeffizient heraufgesetzt. Der reibwerterhöhende Zusatz in Form von Siliziumkarbid-Pulver hat den Vorteil, daß diese Körnung bzw. dieses Pulver an definierten Stellen dort in dem Reibkörper eingelagert werden kann, wo ein erhöhter Reibwert erwünscht ist.

Es hat sich allerdings herausgestellt, daß solche Reibkörper, wie sie vorstehend beschrieben sind, unter bestimmten Einsatzbedingungen zu einer hohen Geräuschentwicklung, d. h. zu einem Quietschen, neigen. Eine solche Geräuschentwicklung ist im Fahrzeugbau nicht akzeptierbar. Aus diesem Grund ist die Einlagerung von reibwertmindernden Zusätzen in Form des vorstehend angegebenen Bornitrids und/oder Aluminiumphosphats hilfreich, die dazu führt, daß ein solches Quietschen unterbunden werden kann.

Es ist auch denkbar, daß der Reibkörper in verschiedenen Bereichen unterschiedliche Zusätze enthält, also in einem Bereich reibwerterhöhende Zusätze und in einem anderen Bereich reibwertmindernde Zusätze, beispielsweise unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Winkelgeschwindigkeiten verschiedener Bereiche eines scheibenartigen, sich drehenden Reibkörpers.

Der Kernkörper kann in kostengünstiger Weise aus porösem Kohlenstoff oder zumindest teilweise aus Kohlenstoffasern hergestellt werden. Durch den Einsatz dieser Materialien für den Kernkörper können die Kosten für den Kernkörper verringert werden. Falls der gesamte Kernkörper aus Kohlenstoffasern gebildet wird, sollten die einzelnen Lagen der Fasern aufeinander gestapelt oder gewickelt werden, wobei die Orientierung der Fasern in benachbarten Lagen unterschiedlich sein kann, gerichtet oder ungerichtet. Bevorzugt liegt die Faserlänge zwischen 1 und 10 mm, so daß sich eine gut vernetzte, poröse Struktur eines Vorkörpers ergibt, der anschließend mit Silizium infiltriert wird. Andererseits kann der Kernkörper auch aus Siliziumkarbid oder einer Mischung aus Siliziumkarbid und Graphit gebildet werden. In Form des Siliziumkarbids wird ein billiges Material eingesetzt, das darüberhinaus eine hohe Wärmeleitfähigkeit besitzt und demnach den Anforderungen eines Kernkörpers gerecht wird.

Vorzugsweise liegt der Gehalt der Verbindungsschicht an Siliziumkarbid in der fertiggestellten Reibereinheit oberhalb 50%. Hierdurch wird ein guter Wärmeübergang zwischen der Reibereinheit, in der die Wärme erzeugt wird, und dem Kernkörper, der die Wärme speichern und abführen soll, erzielt.

Weiterhin ist es als bevorzugt anzusehen, eine Verbindungsschicht zu bilden, die einen Schlickerzusatz aufweist, der aus einem organischen Bindemittel mit einem Restkohlenstoffgehalt von mindestens 40% und ein feinkörniges Pulver aus Kohlenstoff und/oder Silizium aufweist, wobei der Bindemittelanteil zwischen 10 und 50% beträgt. Als Bindemittel kann hierbei zum Beispiel Phenol eingesetzt werden. Hierdurch wird erreicht, daß die Menge des zugesetzten Kohlenstoff-Pulvers gering

gehalten und eine hohe Ausbeute an SiC erhalten werden kann.

Die Herstellung eines C/C-SiC-Körpers kann kurz wie folgt zusammengefaßt dargestellt werden:

Zunächst erfolgt die Herstellung eines porenfreien und homogenen kohlenstoffaserverstärkten Kohlenstoffkörpers als Vorkörper, bestehend aus kohlenstoffreichen Polymeren als Matrices und Endlosfasern. Im zweiten Fertigungsschritt erfolgt die thermische Umwandlung der Matrix durch Pyrolyse zu glasartigem Kohlenstoff, was zu einem kohlenstoffaserverstärkten, porösen Kohlenstoffkörper mit translaminaren Kanälen führt. Im dritten Fertigungsschritt wird in die Poren flüssiges Silizium infiltriert, das unter Wärme mit dem Kohlenstoff der Matrix zu Siliziumkarbid reagiert. Alle Fertigungsschritte werden nur einmal durchlaufen, im Gegensatz zu anderen bekannten Verfahren; das Ergebnis ist eine dichte Gefügestruktur bestehend aus hochfesten Kohlenstoff-Faserbündeln und oxidationshemmenden Siliziumkarbidschutzschichten, von denen diese Faserbündel umgeben werden.

Weitere bevorzugte Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Weitere Einzelheiten und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung. In der Zeichnung zeigt

Fig. 1A eine Photographie einer C/C-SiC-Bremscheibe für ein Kraftfahrzeug,

Fig. 1B eine Darstellung eines Bremsklotzes,

Fig. 2 eine Photographie einer Mehrscheibenbremsanordnung wie sie zum Beispiel für Flugzeuge eingesetzt werden kann;

Fig. 3 eine schematische Darstellung eines Kernkörpers und zwei Reibkörper im Schnitt vor ihrer Zusammenfügung mit einer Außenkonfiguration entsprechend Fig. 1,

Fig. 4 die einzelnen Körper der Fig. 3 nach dem Zusammenfügen,

Fig. 5A und 5B eine der Anordnung der Fig. 3 und 4 ähnliche Reibereinheit, in der Kühlkanäle gebildet sind,

Fig. 6 eine Schnittdarstellung einer weiteren Ausführungsform einer Reibereinheit mit zwei Reibkörpern, die über vier Kernkörper miteinander verbunden sind,

Fig. 7 eine perspektivische Darstellung einer erfindungsgemäßen Bremscheibe mit einer profilierten Aufnahme- sowie einem fahrzeugseitigen Adapterteil in einer Explosionsdarstellung, und

Fig. 8 eine Kupplungs-Reibereinheit für ein Kraftfahrzeug in einer perspektivischen Ansicht mit einer Druckplatte vor dem Zusammenbau.

Eine erfindungsgemäße Reibereinheit zur Verwendung als Brems- oder Kupplungskörper, wie dies die Fig. 1 und die Fig. 7 zeigen, ist in den Fig. 3 und 4 dargestellt. Diese Reibereinheit weist einen Kernkörper 1 sowie zwei Reibkörper 2 auf. Solche Körper 1, 2 sind als flache Scheiben mit einer mittigen Durchgangsöffnung 3 gefertigt. Der Kernkörper 1 und der Reibkörper 2 sind, entsprechend Fig. 3, aus einem kohlenstoffaserverstärkten, porösen Kohlenstoffkörper hergestellt, der mit flüssigem Silizium bei einer Temperatur im Bereich von 1410°C bis 1700°C in einer eingestellten Atmosphäre infiltriert wird. Diese so vorgefertigten Körper 1, 2 werden dann in der in Fig. 4 dargestellten Anordnung, in der die beiden Reibkörper zwei flächig auf dem Kernkörper 1 aufliegen und die einzelnen Durchgangsöffnungen 3 zueinander ausgerichtet sind, über eine Verbindungsschicht 4 miteinander verbunden. Die Verbindungs-

schicht 4 ist eine im wesentliche Siliziumkarbid enthaltende Schicht. Zum Verbinden werden die einzelnen vorgefertigten Körper 1, 2 flächig aufeinandergelegt, in eine Konditioniereinheit eingefügt, und es wird in dem Spalt zwischen den einzelnen Körpern 1, 2 flüssiges Silizium infiltriert und dann keramisiert. In dem Fall, wo die miteinander zu verbindenden Flächen des Kernkörpers 1 und der beiden Reibkörper 2 einen zu großen Spalt im Bereich der Verbindungsstelle besitzen, wird eine Einlage 5, wie dies in Fig. 3 angedeutet ist, aus einem porösen, pyrolysierbaren Material auf Zellulosebasis eingelegt, vorzugsweise eine Pappe oder ein Papierfilz mit einer hohen Porosität. Diese Einlage 5 sollte eine Dicke zwischen 0,1 und 0,5 mm haben. Nach der Infiltration wird diese Einlage 5 bei der Pyrolyse verbrannt und vollständig in Kohlenstoff bzw. mit dem infiltrierten Silizium zu SiC umgesetzt. Aufgrund der Artgleichheit der Verbindungsschicht aus SiC mit der Füllung der Poren der Reibkörper 2 und des Kernkörpers 1 aus SiC wird eine hochfeste Verbindung zwischen den einzelnen Teilen erzielt; die Festigkeit der Einheit an der Verbindungsstelle entspricht der Gesamtfestigkeit der Reibeinheit.

Als Einlage 5 kann auch ein Kohlenstoff-Vlies oder eine Kohlenstoffmatte verwendet werden. Auch ist es möglich, die beiden Körper formschlüssig miteinander zu verbinden, beispielsweise durch Verstiften mit Bolzen aus Kohlenstoff oder SiC.

Vorzugsweise weist die Verbindungsschicht 4 einen Schlickerzusatz auf, der aus einem organischem Bindemittel mit einem Restkohlenstoffgehalt von mindestens 40% und einen feinkörnigen Pulver, Korngröße 1 bis 10 µm, aus Kohlenstoff und/oder Silizium, gebildet ist, wobei der Bindemittelanteil zwischen 10 und 50% beträgt. Bindemittelanteile im unteren Prozentbereich sind bevorzugt. Eine solche Verbindungsschicht zeichnet sich dadurch aus, daß die zu fügenden Teile vor der Keramisierung miteinander fest verbunden sind und der Anteil an freiem Silizium minimiert werden kann.

Durch diesen mehrschichtigen Aufbau einer solchen Reibeinheit ist die Möglichkeit gegeben, den Kernkörper 1 und den Reibkörper 2 hinsichtlich ihrer Materialeigenschaften den ihnen zukommenden Funktionen anzupassen. Der Kernkörper 1 kann so aufgebaut werden, daß er mechanisch stabil ist und eine hohe Wärmespeicher- und Wärmeleitfähigkeit besitzt, darüberhinaus billig herstellbar ist. Hierzu wird beispielsweise der Kernkörper nicht aus einem Faserkörper hergestellt, sondern aus Kostengründen aus Kohlenstoff oder SiC aufgebaut. Im Fall eines kohlenstoffaserverstärkten Kohlenstoffkörpers als Ausgangsmaterial weist dieser eine Porosität von 5 bis 50%, vorzugsweise von 10 bis 30% auf, und die Poren werden mit Silizium infiltriert, das dann, unter Wärmebehandlung, zu Siliziumkarbid umgewandelt wird, wobei die Restporosität auf weniger als 10% eingestellt wird. Der Anteil des Siliziumkarbids im Kernkörper 1 sollte dabei zwischen 10 bis 50% betragen mit einem maximalen, nicht zu Siliziumkarbid umgewandelten Anteil an Silizium von 10%. Mit der vorstehenden, geringen Restporosität wird eine hohe Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität erreicht, darüberhinaus zeigt ein solcher Reibbelag ein günstiges Nässeverhalten. Das Infiltrationsverfahren unter Einsatz von flüssigem Silizium ermöglicht, einen dichten Werkstoff nicht nur an der Oberfläche herzustellen, sondern im gesamten Volumen, wodurch ein derart aufgebauter Reibkörper in seiner gesamten Struktur optimale Eigenschaften besitzt, d. h. auch nach einer gewissen Abnutzung der Reibfläche.

Dadurch, daß ein nicht zu Siliziumkarbid umgewandelter Anteil an Silizium im Kernkörper 1 vorhanden ist, werden einerseits kurze Ofenbelegzeiten realisierbar, andererseits wird durch die Einschränkung des nicht zu Siliziumkarbid umgewandelten Siliziums von etwa 10% erreicht, daß zusätzliches Silizium in der Verbindungsschicht beim Fügen der Körper zur Verfügung steht.

Um die Ableitung von Wärme aus dem Kernkörper 1 zu fördern, die auf den Kernkörper 1 über die Reibkörper 2 übertragen wird, wird in den Kernkörper 1 ein wärmeleitfähiger Zusatz eingebracht. Dieser hochwärmeleitfähige Zusatz kann entweder bereits bei der Herstellung des Kernkörpers 1 vor der Pyrolyse eingebracht werden oder er wird im Rahmen der Infiltration zusammen mit dem flüssigen Silizium oder in einem anschließenden Prozeßschritt in die Poren des pyrolysierten Körpers eingelagert.

Im Gegensatz zum Kernkörper 1, der eine hohe mechanische Stabilität sowie eine gute Wärmespeicher- und Wärmeleitfähigkeit besitzen soll, werden die Reibkörper 2 hinsichtlich ihrer Materialeigenschaften so aufgebaut und angepaßt, daß sie eine optimierte Reibeigenschaft besitzen, darüberhinaus den hohen, an den Oberflächen auftretenden Temperaturen, beispielsweise bei einem Bremsvorgang, standhalten. Aus diesem Grund werden die Reibkörper 2 aus einem kohlenstofffaserverstärkten, porösen Kohlenstoffkörper gebildet, der mit flüssigem Silizium zu einem möglichst dichten Werkstoff, insbesondere mit dichter Oberfläche infiltriert wird. Ein solcher Reibkörper ist dazu geeignet, Temperaturen bis zu 2000°C an seiner Oberfläche aufzunehmen. Um darüberhinaus die Reibeigenschaften der Reibkörper 2 zu unterstützen und definiert einzustellen, können in die Struktur des Reibkörpers 2 reibwertmindernde oder reibwerterhöhende Zusätze eingelagert werden. Als reibwerterhöhender Zusatz wird Siliziumkarbid-Pulver einer Körnung von 0,3 bis 3,0 µm verwendet. Ein solches Pulver kann gezielt in die Struktur des Reibkörpers 2 eingelagert werden. Es hat sich jedoch herausgestellt, daß ein zu hoher Reibwert nicht zu einem optimalen Reibverhalten führt, bzw. ein Abbremsen hochfrequente Töne erzeugt, was im Automobilbau nicht akzeptierbar ist. Aus diesem Grund werden in den Reibkörper 2 auch reibwertmindernde Zusätze eingelagert, wodurch diese vorstehend angesprochene Geräuscentwicklung vermieden werden kann.

Die Fig. 5A und 5B zeigen eine Variante einer Reibeinheit zur Verwendung als Bremseinheit, in der in dem Kernkörper 1 Hohlräume bzw. Kühlkanäle 6 zur Luftzirkulation und damit Innenbelüftung dieser Bremseinheit gebildet sind. Um diese Hohlräume 6 zu bilden, kann der Kernkörper aus zwei Teilen zusammengesetzt werden, wie dies durch die Trennlinie 7 in Fig. 5A dargestellt ist oder einteilig aufgebaut sein, wie dies die Fig. 5B zeigt. Auf die Innenflächen solcher Teil-Kernkörper können dann Profilierungen in Form von Nuten gebildet werden, die, nach dem Zusammensetzen der beiden Teil-Kernkörper entlang der Verbindungslinie 7, die Hohlräume 6 ergeben. Solche Kernkörper 1 können mit einer Verbindungstechnik miteinander verbunden werden, wie sie zur Verbindung des Kernkörpers 1 mit dem Reibkörper 2 angewandt wird und vorstehend beschrieben ist. Wie anhand der Fig. 5A und 5B ersichtlich ist, können solche Profilierungen in einfacher Weise in den bereitgestellten Vorformen, beispielsweise aus dem kohlenstoffaserverstärkten Kohlenstoff oder dem Graphit, aus denen der Kernkörper 1 in seinem Grundaufbau besteht vorgesehen werden, ausgeführt werden.

Falls erforderlich, können solche Kühlkanäle auch auf der Außenseite vorgesehen werden.

Wie anhand der Fig. 3 und 4 zu erkennen ist, ist mit dem angegebenen Verbund-Aufbau der Reibeinheit die Möglichkeit gegeben, eine solche Reibeinheit nach Abnutzung der Reibkörper 2 wieder aufzuarbeiten, indem der verbleibende Kernkörper 1, gegebenenfalls mit einer dünnen Restschicht des oder der damit verbundenen Reibkörper 2, aufgearbeitet wird, indem auf den Kernkörper 1 oder die verbleibende Restschicht des Reibkörpers 2 ein neuer Reibkörper 2 jeweils aufgebracht wird, wobei eine Verfahrensweise angewandt wird, die identisch zu derjenigen ist, wie sie zur Herstellung einer neuen Reibeinheit angewandt wird und in den Fig. 3 und 4 dargestellt ist. Theoretisch besitzt also der Kernkörper 1 aufgrund der Möglichkeit, ihn mit einfachen Mitteln wieder durch neue Reibkörper 2 zu ergänzen, eine unendliche Lebensdauer.

Fig. 1A zeigt eine Photographie der Brems Scheibe, wie sie in den Fig. 2 und 3 dargestellt ist, mit zentraler Durchgangsöffnung 3 und mehreren, um den Rand der Durchgangsöffnung 3 verteilten Verbindungsöffnungen 8. Darüberhinaus ist in Fig. 1B ein Bremsklotz 9 als gesonderte Reibeinheit gezeigt, der eine Trageplatte 10 sowie eine als Reibkörper dienende Reibplatte 11 aufweist. Sowohl für die Trageplatte 10 als auch der Reibplatte 11 gelten die vorstehenden Ausführungen zu den Fig. 3 und 4. Die Reibplatte 11, die als Reibkörper dient, ist in ihren Materialeigenschaften den Anforderungen angepaßt, entsprechend der Reibplatte 2 der Brems Scheibe, wie dies in der Fig. 2 dargestellt und vorstehend erläutert ist. Die Trageplatte 10 kann entsprechend des Kernkörpers 1 der Fig. 2 aufgebaut werden; es eignet sich jedoch auch eine andere Trageplatte, beispielsweise in Form einer Metallplatte oder einer Wärmedämmschicht, zum Beispiel aus Zirkonoxid, an der die Reibplatte 11 aus einem kohlenstoffaserverstärkten, porösen Kohlenstoffkörper, der mit Silizium und Siliziumkarbid gefüllt ist, mittels Form- und/oder Kraftschluß befestigt wird, zum Beispiel durch eine Schwalbenschwanzverbindung oder Schrauben aus Metall oder Keramik.

Fig. 2 zeigt einen Lamellenaufbau einer Reibeinheit mit Stator-Rotor-Stator-Anordnung. Bei dieser Konstruktion sitzen rotierende und feststehende Reibeinheiten (Rotoren und Statoren) axial hintereinander. Die einzelnen Rotoren und Statoren sind jeweils aus Kernkörper und beidseitig aufgebrachtem Reibkörper aufgebaut, die über die erfindungsgemäße, hochtemperaturbeständige Verbindungsschicht jeweils miteinander verbunden sind. Weiterhin sind in diesem Bild an den jeweils äußeren Flächen der äußeren Reibeinheiten radial verlaufende Ausnehmungen vorhanden, die Befestigungsnuten bilden. Eine solche Reibeinheit, wie sie in der Fig. 2 dargestellt ist, kann baukastenartig aufgebaut werden, indem mehrere Kernkörper 1 und Reibkörper 2 bereitgestellt werden und entsprechend den Anforderungen zu einer solchen Mehrfach-Einheit zusammengesetzt werden. Wiederum können die Materialeigenschaften der Kernkörper und der Reibkörper den Anforderungen angepaßt werden, d. h. zum einen hinsichtlich einer guten Wärmeleitfähigkeit und mechanischen Stabilität (Kernkörper) und zum anderen hinsichtlich eines optimierten Reibungskoeffizienten, natürlich auch unter Berücksichtigung einer guten Wärmeleitfähigkeit.

Die Anordnung, wie sie in Fig. 2 dargestellt ist, bildet einen Rotor und zwei Statoren, wobei der Rotor durch das Rad eines Flugzeuges angetrieben wird. Die Rotor-Scheibe greift in feststehende Statoren der Bremsenein-

heit ein. Die Abbremsung wird durch hydraulisches Zusammenpressen der Scheiben bewirkt, wobei in der Oberfläche der Reibkörper 2 Temperaturen bis zu 2000°C erreicht werden. Der Silizium infiltrierte kohlenstoffaserverstärkte, poröse Kohlenstoffkörper hat den Vorteil, daß er oxidationsbeständig aufgrund der inneren Oxidationsschutzes des SiC ist, sich also durch eine extreme Temperatur- und Korrosionsbeständigkeit auszeichnet.

Die in Fig. 6 dargestellte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Reibeinheit weist zwei Reibkörper 2 in Scheibenform auf, die über mehrere Stege 25, die den Kernkörper 1 bilden, mittels einer hochtemperaturbeständigen Verbindungsschicht 4 miteinander verbunden sind, wobei die einzelnen Stege 25 jeweils in Nuten, die in den Reibkörpern 2 gebildet sind, eingesetzt sind. Die Reibeinheit dreht sich, wie durch den Pfeil 23 angedeutet, um die Achse 24. Die Stege 25 bilden die Kontur von Kühlkanälen, die beispielsweise spiralförmig verlaufen.

Fig. 7 zeigt eine perspektivische Ansicht einer erfindungsgemäßen Brems Scheibe 12, die aus einem Kernkörper 1 und zwei Reibkörper 2 zusammengesetzt ist. Wie in der Fig. 7 zu sehen ist, ist auf der Außenseite des Kernkörpers 1 dieser Brems Scheibe 12 ein Fortsatz 13 mit Verbindungsöffnungen ausgebildet, der einstückig mit dem Kernkörper 1 geformt ist. Wie bereits unter Bezugnahme auf Fig. 5 erläutert wurde, ist es möglich, den Kernkörper 1 insbesondere dann, wenn er aus kohlenstoffaserverstärktem Kohlenstoff gebildet wird, in einfacher Weise im Rohzustand auf seine Endkonfiguration zu profilieren bevor er in einem Fertigungsgang ohne eine wesentliche Nachbearbeitung der fertiggestellten Einheit solche Aufnahme- und Verbindungsteile gefertigt werden können. An der Außenseite dieses profilierten Kernkörpers 1 wird über die beschriebene Verbindungsschicht 4 der Reibkörper 2 aufgebracht, der, nachdem er abgenutzt ist, mit der erfindungsgemäßen Verbindungstechnik ersetzt werden kann. Eine Brems Scheibe 12, wie sie in der Fig. 7 dargestellt ist, kann an einer Radnabe 14 mittels der Verbindungsöffnungen angeschraubt werden.

Fig. 8 zeigt eine Reibeinheit in Form einer Kupplungsanordnung mit einer Kupplungsmittnehmerscheibe 16 und einer Druckplatte 17 in einer Explosionsansicht. Die Mitnehmerscheibe 16 ist aus einem Kernkörper 1 und einem Reibkörper 2 zusammengesetzt, wobei der Reibkörper 2 beim Einkuppeln in eine entsprechende Reibfläche der Druckplatte 17 eingreift. Auch in diesem Fall kann der Reibkörper 2 nach Abnutzung durch einen neuen Reibkörper 2 ersetzt werden. Weiterhin sind bei dieser Kupplungseinheit 15 ein Nabenteil 18 der Mitnehmerscheibe 16 an dem Kernkörper 1 verankert bzw. in die Matrixstruktur eingearbeitet, das auf eine nicht dargestellte Antriebs- bzw. Abtriebswelle aufgesteckt wird.

Es wurden Brems Scheiben in Hochleistungsbremsen getestet, die entsprechend der Fig. 1 aufgebaut waren. Solche Scheiben besaßen einen Außendurchmesser 19 von ca. 280 mm, einen Durchmesser 20 der Verbindungsöffnung von ca. 120 mm sowie eine Gesamtdicke 21 von ca. 13 mm.

Die Daten der Reibeinheit, wie sie in Fig. 2 gezeigt ist, waren wie folgt:

- 64 Gewebelagen pro Reibeinheit, die senkrecht zur Drehachse der Scheiben orientiert waren.
- es wurden hochfeste Kohlenstoffasern verwendet

- Keramikanteil ca. 35%
- Kohlenstoffanteil ca. 65%.

Es konnte eine sehr dichte Gefügestruktur festgestellt werden, die im Einsatz dazu führt, daß sich kaum Wassermoleküle einlagern bzw. diese geringen Mengen schnell an der Oberfläche verdampfen konnten. Feuchte, die auf den Reibbelag einwirkt, zeigt keinen Einfluß auf das Reibverhalten. SiC und Si-Partikel, die sich mit dem C-Abrieb in die Reibfläche einarbeiten, führen zu einer sehr hohen Verschleißfestigkeit. Die Reibwerte ( $\mu$ ) reichen bis zu 1,0.

#### Patentansprüche

1. Reibeinheit zum reibenden Eingriff mit einem Gegenkörper, insbesondere Brems- oder Kuppelungskörper, mit mindestens einer frei zugänglichen Reibfläche, die aus einem kohlenstoffaserverstärkten, porösen Kohlenstoffkörper gebildet ist, dessen Poren zumindest teilweise mit Silizium und Siliziumkarbid gefüllt sind, dadurch gekennzeichnet, daß sie aus mindestens einem Kernkörper (1) und mindestens einem mit diesem fest verbundenen Reibkörper (2) gebildet ist, wobei der Reibkörper (2) mit dem Kernkörper (1) auf seiner der Reibfläche abgekehrten Seite verbunden ist und wobei beide Körper (1, 2) über eine hochtemperaturbeständige Verbindungsschicht (4) miteinander verbunden sind.
2. Reibeinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungsschicht im wesentlichen Siliziumkarbid enthält.
3. Reibeinheit nach den Ansprüchen 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Kernkörper (1) an zwei zueinander gegenüberliegenden Flächen mit jeweils einem Reibkörper (2) jeweils über eine Siliziumkarbid enthaltende Verbindungsschicht (4) verbunden ist.
4. Reibeinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Kernkörper (1) eine Porosität von 5 bis 50%, vorzugsweise von 10 bis 30%, aufweist.
5. Reibeinheit nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Kernkörper (1) aus Kohlenstoff gebildet ist.
6. Reibeinheit nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Kernkörper (1) zumindest teilweise aus Kohlenstoffasern gebildet ist.
7. Reibeinheit nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der gesamte Kernkörper (1) aus Kohlenstoffasern gebildet ist, die in Lagen aufeinander gestapelt oder gewickelt sind.
8. Reibeinheit nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Orientierung der Fasern in benachbarten Lagen unterschiedlich ist.
9. Reibeinheit nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Faserlänge zwischen 1 und 5 mm liegt und die kurzen Fasern keine Vorzugsrichtung in der Orientierung aufweisen.
10. Reibeinheit nach Anspruch 1 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Kernkörper (1) aus Siliziumkarbid oder einer Mischung aus Siliziumkarbid und Kohlenstoff gebildet ist.
11. Reibeinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Poren des Kernkörpers (1) mit Siliziumkarbid gefüllt sind und die Restporosität weniger als 10% beträgt.

12. Reibeinheit nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Anteil an Siliziumkarbid im Kernkörper (1) zwischen 10% und 50% liegt.
13. Reibeinheit nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Anteil an Silizium im Kernkörper (1) bis zu 10% beträgt.
14. Reibeinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Gehalt der Verbindungsschicht (4) an Siliziumkarbid mehr als 50% beträgt.
15. Reibeinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungsschicht (4) einen Schlickerzusatz aufweist, der aus einem organischen Bindemittel mit einem Restkohlenstoffgehalt von mindestens 40% und ein feinkörniges Pulver aus Kohlenstoff und/oder Silizium gebildet ist und wobei der Bindemittelanteil zwischen 10 und 50% beträgt.
16. Reibeinheit nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Bindemittel ein Phenolharz ist.
17. Reibeinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Reibkörper (2) aus Kohlenstoffasern gebildet ist, die in Lagen aufeinander gestapelt oder gewickelt sind.
18. Reibeinheit nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Orientierung der Fasern in benachbarten Lagen unterschiedlich ist.
19. Reibeinheit nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Faserlänge zwischen 1 und 5 mm liegt und die kurzen Fasern keine Vorzugsrichtung in der Orientierung aufweisen.
20. Reibeinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Reibkörper (2) reibwertmindernde oder reibwerterhöhende Zusätze enthält.
21. Reibeinheit nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß als reibwertmindernder Zusatz Bornitrid und/oder Aluminiumphosphat eingelagert ist.
22. Reibeinheit nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß als reibwerterhöhender Zusatz ein Siliziumkarbid-Pulver mit einer Körnung von 0,3 bis 3,0  $\mu$ m eingelagert ist.
23. Reibeinheit nach einem der Ansprüche 1 oder 22, dadurch gekennzeichnet, daß der Reibkörper (2) und/oder der Kernkörper (1) einen hoch wärmeleitfähigen Zusatz enthält.
24. Reibeinheit nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß der wärmeleitfähige Zusatz in der Poren eingelagert ist.
25. Reibeinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Reibkörper (2) und/oder dem Kernkörper (1) Kühlkanäle (6) gebildet sind.
26. Verfahren zur Herstellung einer Reibeinheit zum reibenden Eingriff mit einem Gegenkörper, insbesondere von Brems- oder Kuppelungskörpern, dem ein kohlenstoffaserverstärkter, poröser Kohlenstoffkörper bereitgestellt und mit flüssigem Silizium bei einer Temperatur im Bereich von 1410°C bis 1700°C in einer eingestellten Atmosphäre infiltriert wird, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein weiterer Körper bereitgestellt wird, der mit dem silizium-infiltrierten Körper über eine im wesentlichen hochtemperaturbeständige Verbindungsschicht verbunden wird, wobei der Kohlenstoffkörper einen Reibkörper (2) und der andere Körper einen Kernkörper (1) bildet.
27. Verfahren nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet,

zeichnet, daß die Körper über eine im wesentlichen Siliziumkarbid enthaltende Verbindungsschicht miteinander verbunden werden.

28. Verfahren nach den Ansprüchen 26 oder 27, dadurch gekennzeichnet, daß der Kernkörper an zwei zueinander gegenüberliegenden Flächen mit jeweils einem Reibkörper (2) über jeweils eine Siliziumkarbid enthaltende Verbindungsschicht verbunden wird.

29. Verfahren nach einem der Ansprüche 26 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß ein Kernkörper verwendet wird, der eine Porosität von 5 bis 50%, vorzugsweise von 10 bis 30%, aufweist.

30. Verfahren nach einem der Ansprüche 26 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß als Kernkörper ein Kohlenstoffkörper eingesetzt wird.

31. Verfahren nach einem der Ansprüche 26 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß ein zumindest teilweise aus Kohlenstoffasern gebildeter Kernkörper eingesetzt wird.

32. Verfahren nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß der gesamte Kernkörper aus Kohlenstoffasern gebildet wird, die in Lagen aufeinander gestapelt oder gewickelt werden.

33. Verfahren nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, daß die Fasern in benachbarten Lagen unterschiedlich orientiert werden.

34. Verfahren nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß Fasern mit einer Länge zwischen 1 und 5 mm eingesetzt werden, wobei den kurzen Fasern keine Vorzugsorientierung gegeben wird.

35. Verfahren nach einem der Ansprüche 26 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß ein Kernkörper aus Siliziumkarbid oder einer Mischung aus Siliziumkarbid und Kohlenstoff eingesetzt wird.

36. Verfahren nach einem der Ansprüche 29 bis 35, dadurch gekennzeichnet, daß in die Poren des Kernkörpers Silizium infiltriert wird, das unter Wärmebehandlung überwiegend zu Siliziumkarbid umgewandelt wird, wobei eine Restporosität von weniger als 10% eingestellt wird.

37. Verfahren nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, daß Siliziumkarbid im Kernkörper mit einem Anteil zwischen 10 und 50% gebildet wird.

38. Verfahren nach den Ansprüchen 36 oder 37, dadurch gekennzeichnet, daß ein nicht zu Siliziumkarbid umgewandelter Anteil an Silizium im Kernkörper auf bis zu 10% eingestellt wird.

39. Verfahren nach einem der Ansprüche 26 bis 38, dadurch gekennzeichnet, daß der Gehalt der Verbindungsschicht an Siliziumkarbid auf mehr als 50% eingestellt wird.

40. Verfahren nach einem der Ansprüche 26 bis 39, dadurch gekennzeichnet, daß in die Verbindungsschicht ein Schlickerzusatz aus einem organischen Bindemittel mit einem Restkohlenstoffgehalt von mindestens 40% und einem feinkörnigen Pulver aus Kohlenstoff und/oder Silizium eingebracht wird, bei dem der Bindemittel-Anteil zwischen 10 bis 50% beträgt.

41. Verfahren nach einem der Ansprüche 26 bis 40, dadurch gekennzeichnet, daß dem Reibkörper reibwertmindernde oder reibwerterhöhende Zusätze zugegeben werden.

42. Verfahren nach Anspruch 41, dadurch gekennzeichnet, daß als reibwertmindernder Zusatz Bornitrid und/oder Aluminiumphosphat eingelagert werden.

43. Verfahren nach Anspruch 41, dadurch gekennzeichnet, daß als reibwerterhöhender Zusatz Siliziumkarbid-Pulver einer Körnung von 0,3 bis 3,0 µm eingelagert wird.

44. Verfahren nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß in den Reibkörper und/oder den Kernkörper ein hoch wärmeleitfähiger Zusatz eingebracht wird.

45. Verfahren nach einem der Ansprüche 26 bis 44, dadurch gekennzeichnet, daß vor Bildung der Verbindungsschicht zwischen Reibkörper und Kernkörper eine Einlage aus einem porösen, pyrolysierbaren Material auf Cellulosebasis eingelegt wird.

46. Verfahren nach Anspruch 45, dadurch gekennzeichnet, daß Papier, Pappe und/oder Papierfilz als Einlage zwischengefügt wird.

47. Verfahren nach Anspruch 45 oder 46, dadurch gekennzeichnet, daß die Einlage in einer Dicke zwischen 0,1 und 1 mm zwischengefügt wird.

48. Verfahren nach einem der Ansprüche 26 bis 44, dadurch gekennzeichnet, daß vor Bildung der Verbindungsschicht zwischen Reibkörper und Kernkörper eine Einlage aus einem Kohlenstoffvlies oder einer Kohlenstoffmatte eingelegt wird.

---

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

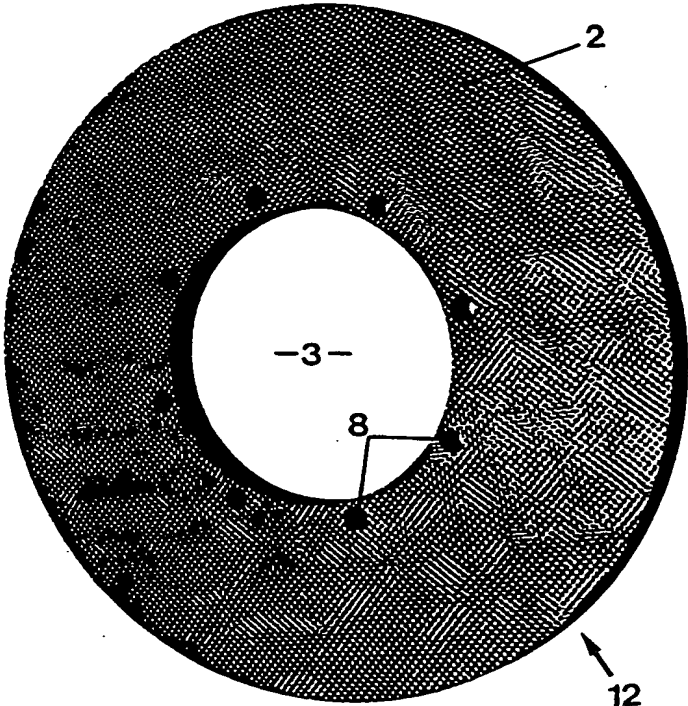


FIG. 1A

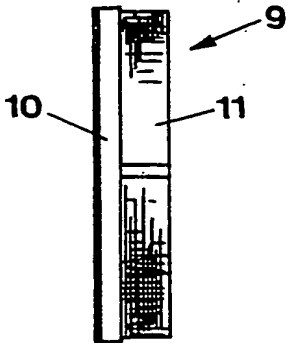


FIG. 1B

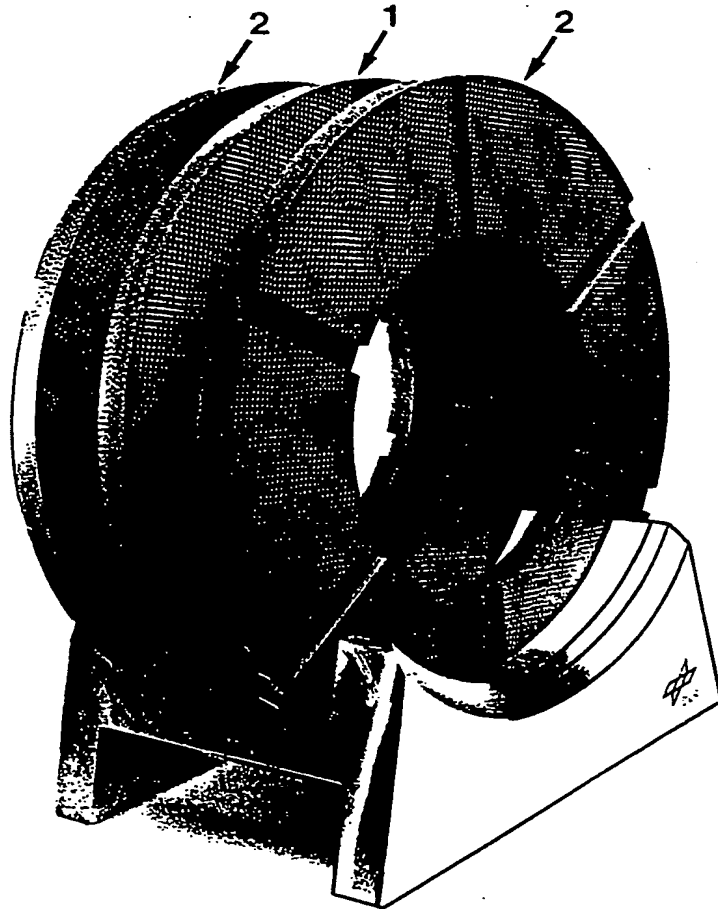


FIG. 2

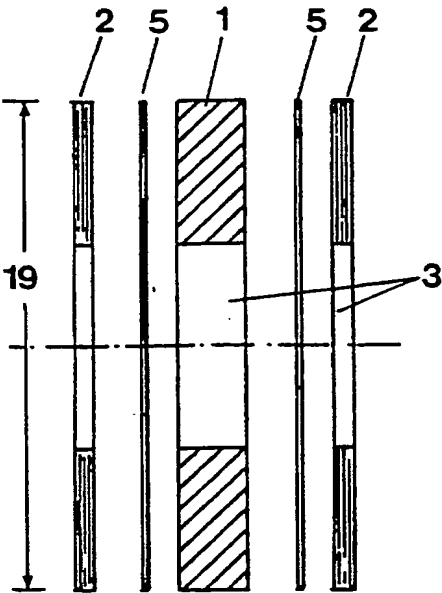


FIG. 3

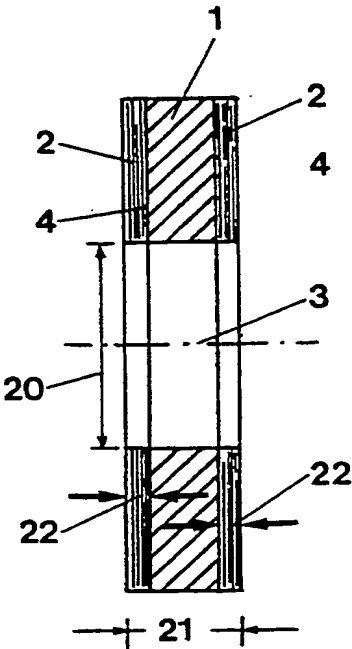


FIG. 4

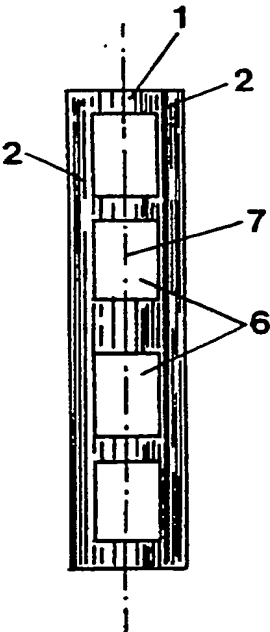


FIG. 5A

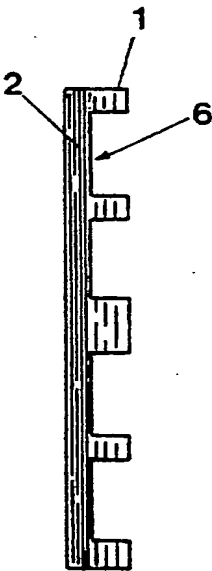


FIG. 5B

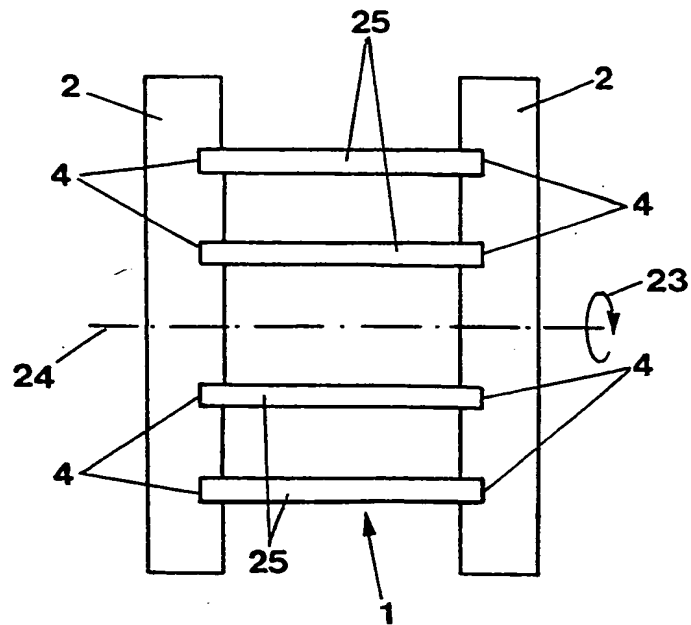


FIG. 6

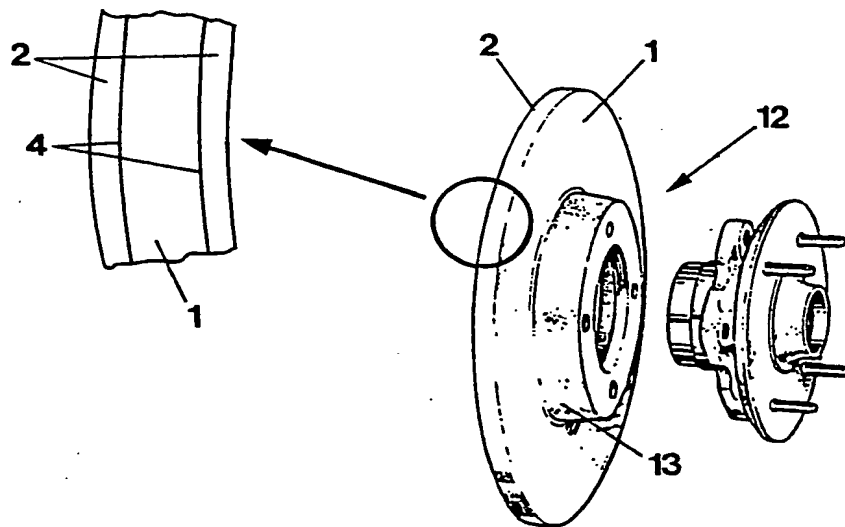


FIG. 7

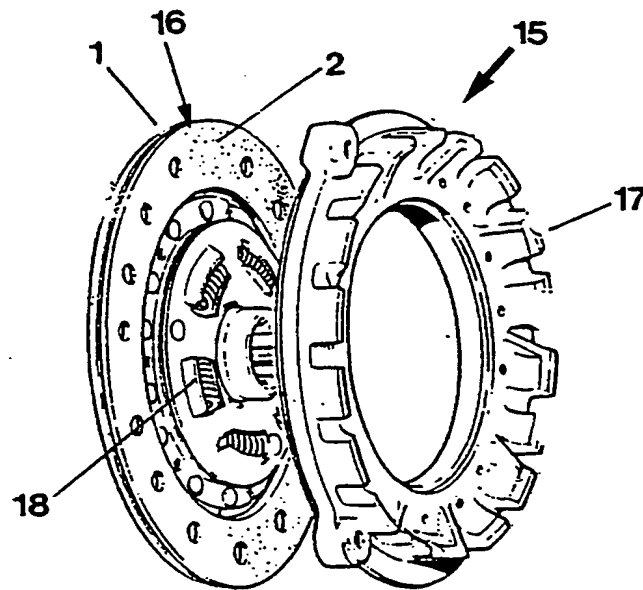


FIG. 8